



## Estimation des excès de carbone-14 induits par des supernovæ galactiques

**Spécialité** Astrophysique

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [DAP/LEPCHE](#)

**Candidature avant le** 26/07/2023

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [STOLARCZYK Thierry](#)

+33 1 69 08 78 12

[thierry.stolarczyk@cea.fr](mailto:thierry.stolarczyk@cea.fr)

**Autre lien**

[https://www.lsce.ipsl.fr/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_groupe.php?id\\_groupe=19](https://www.lsce.ipsl.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_groupe.php?id_groupe=19)

### Résumé

Le stage se déroule dans le contexte du projet CHASCA dont le but est de rechercher des excès de  $^{14}\text{C}$  issus de supernovæ répertoriées dans les écrits historiques à partir de cernes échantillonnés dans des cyprès de Patagonie. Le travail consiste à établir l'ordre de grandeur du signal attendu à partir de simulations numériques.

### Sujet détaillé

Les atomes de  $^{14}\text{C}$  radioactifs (demi-vie de 5730 ans) sont produits de façon continue à l'interface troposphère-stratosphère lors l'interaction des particules du rayonnement cosmique. Ils sont absorbés sous forme de  $\text{CO}_2$  par les océans ou par la végétation lors de la photosynthèse.

La teneur en  $^{14}\text{C}$  dans l'atmosphère varie avec l'activité solaire qui influe sur le bouclier géomagnétique, et avec les fluctuations climatiques qui modifient les échanges entre les réservoirs carbonés de la Terre. En plus de ces fluctuations, des événements solaires violents (SPE, Solar particle Event) émettant des protons à haute énergie, peuvent produire des excès significatifs dont certains sont repérés depuis une dizaine d'années dans les cernes annuels des arbres, grâce à l'améliorations des techniques de mesure du  $^{14}\text{C}$ .

Certains excès pourraient également être attribués à l'explosion d'étoiles proches en fin de vie, des supernovæ galactiques. Leur identification et leur caractérisation donne la possibilité de contraindre le flux de rayons gamma de haute énergie ( $> \text{MeV}$ ) émis lors de ces événements, un phénomène jamais observé jusqu'à aujourd'hui.

Le stage se déroule dans le contexte du projet CHASCA dont le but est de rechercher la trace de supernovæ répertoriées dans les écrits historiques à partir de cernes échantillonnés dans des cyprès de Patagonie. Le travail consiste à établir l'ordre de grandeur du signal attendu à partir de :

- flux de rayons gamma de Supernovæ publiés sous la forme de modèles analytiques;
- la simulation de la production par le rayonnement cosmique de neutrons de spallations dans l'atmosphère qui,

---

capturés par le  $^{14}\text{N}$ , produisent le  $^{14}\text{C}$  ;  
- la modélisation de l'absorption du  $\text{CO}_2$  en utilisant des modèles simplifiés d'échange atmosphérique (carbon-box model).

### **Mots clés**

Carbone-14, Supernova, activités solaires, atmosphère

### **Compétences**

Analyse numérique - Simulation numérique

### **Logiciels**

Python

---

## Estimation of carbon-14 excesses from galactic supernovae

### Summary

The internship takes place in the context of the CHASCA project, the aim of which is to search for an excess of  $^{14}\text{C}$  from supernovae listed in historical writings from tree rings sampled in Patagonian cypresses. The work consists in establishing the order of magnitude of the expected signal from numerical simulations

### Full description

Radioactive  $^{14}\text{C}$  atoms (half-life 5730 years) are continuously produced at the troposphere-stratosphere interface during the interaction of cosmic ray particles. They are absorbed in the form of  $\text{CO}_2$  by the oceans or by vegetation during photosynthesis.

The  $^{14}\text{C}$  content in the atmosphere varies with solar activity that influences the geomagnetic shield, and with climatic fluctuations that modify the exchanges between the carbon reservoirs of the Earth. In addition to these fluctuations, violent solar events (SPE, Solar particle Event) emitting high-energy protons can produce significant excesses, some of which have been detected since ten years in the annual rings of trees, thanks to the improvements in  $^{14}\text{C}$  measurement techniques.

Some excesses could also be attributed to the explosion of nearby stars at the end of their life, galactic supernovae. Their identification and characterization gives the possibility of constraining the flux of high-energy gamma rays ( $> \text{MeV}$ ) emitted during these events, a phenomenon never observed until today.

The internship takes place in the context of the CHASCA project, the aim of which is to search for traces of supernovae listed in historical writings from tree rings sampled in Patagonian cypresses. The work consists in establishing the order of magnitude of the expected signal from:

- Supernovae gamma-ray fluxes published as analytical models;
- Simulation of the production by cosmic radiation of spallation neutrons in the atmosphere which, captured by  $^{14}\text{N}$ , produce  $^{14}\text{C}$ ;
- modeling of  $\text{CO}_2$  absorption using simplified models of atmospheric exchange (carbon-box model).

### Keywords

Radiocarbon, Supernova, solar activity, atmosphere

### Skills

Numerical Analysis - Numerical simulation

### Softwares

Python